



VYSOKÉUČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

DIFERENCIÁLNÍ KLADKOSTROJ

DIFFERENTIAL TACKLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

STANISLAV RADA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Stanislav Rada

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Diferenciální kladkostroj

v anglickém jazyce:

Differential tackle

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte samosvorný diferenciální kladkostroj včetně nosné konstrukce dle zadaných parametrů.

Výška zdvihu 7000mm

Nosnost 300kg

Cíle bakalářské práce:

Navrhnout samosvorný diferenciální kladkostroj s posouzením mezí a bezpečnosti samosvornosti. Navrhnout nosnou konstrukci, provést důležité pevnostní výpočty při zohlednění ruční obsluhy. Vypracovat technickou zprávu a nakreslit sestavný výkres zařízení včetně důležitých detailů.

Seznam odborné literatury:

1. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992.
2. Gere J.M. and Timoshenko: Mechanics of materials. Chapman and Hall. Third SI Edition, 1989, ISBN 55-503-79.
3. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004.
4. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.
5. Julina M., Řeřábek A.: Mechanika statika pro školu a praxi. Scientia s.r.o. Praha 2000. ISBN 80-7183-188-3.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 19.11.2012

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.

Děkan



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí samosvorného diferenciálního kladkostroje, který bude mít nosnost 300 kg a jeho maximální výška zdvihu bude 7000 mm. Náplní této práce je návrh samosvorného kladkostroje s posouzením mezí a bezpečnosti samosvornosti. Obsahuje provedení důležitých pevnostních výpočtů při zohlednění ruční obsluhy. K práci je přiložená výkresová dokumentace dle zadání.

KLÍČOVÁ SLOVA

Diferenciální kladkostroj, svařovaný řetěz, řetězové kolo, samosvornost, nosný rám

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design and construction of self-locking differential tackle, which will have a capacity of 300 kg and its Maximum lift height is 7000 mm. The aim of this work is to design self-locking tackle with an assessment of the limits of safety and self-locking. It contains important design strength calculations with special look on manual handling. Design documentation is included in this thesis.

KEYWORDS

Differential tackle, welded chain, sprocket, self-locking, frame of tackles



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RADA, S. *Diferenciální kladkostroj*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 44 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2013

.....

Stanislav Rada



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a nejbližším za podporu během mého studia.



OBSAH

Úvod.....	10
1 Cíle práce	11
2 Definice kladkostroje	11
2.1 Rozdělení kladkostrojů	11
3 Diferenciální kladkostroj	12
3.1 Princip diferenciálního kladkostroje	13
4 Konstrukce vlastního kladkostroje	14
4.1 Volba řetězu	14
4.2 Řetězová kola	14
4.2.1 Dvojité kolo	15
4.2.2 Kladnice	15
4.3 Čepy	15
4.3.1 Čep řetězového dvojkola	15
4.3.2 Čep kladnice	16
4.3.3 Čep háku	16
4.4 Ložiska	16
4.4.1 Ložisko řetězového dvojkola	16
4.4.2 Ložisko kladnice	17
4.5 Distanční kroužky	17
4.6 Rám kladkostroje	18
4.6.1 Horní díl rámu	18
4.6.2 Spodní díl rámu	18
4.7 Další prvky kladkostroje	19
4.7.1 Závěsný šroub s okem	19
4.7.2 Otočný hák	19
5 Nosná konstrukce	20
5.1 Otočné stěnové rameno	20
5.2 Úchyt	20
6 Výpočet kladek	21
6.1 Výpočet řetězového dvojitého kola	21
6.2 Výpočet řetězového kola kladnice	24
7 Řetěz	26
7.1 Délka řetězu	26
7.2 Hmotnost řetězu	26
7.3 Zatížení řetězu	26



8	Posouzení mezí a bezpečnosti samosvornosti	27
8.1	Účinnost kladek	27
8.2	Podmínka samosvornosti	28
8.3	Bezpečnost samosvornosti	28
8.4	Ovládací síly	29
8.5	Účinnost kladkostroje	29
8.6	Silová rovnováha	30
8.7	Převodový poměr	30
9	Pevnostní kontrola čepů	31
9.1	Čep dvojitého kola	32
9.2	Čep kladnice	33
9.3	Čep 3 háku	35
10	Pevnostní kontrola rámu kladkostroje	37
10.1	Nosná část horního dílu	37
10.2	Nosná část spodního dílu	38
	Závěr	40
	Seznam použitých zkratk a symbolů	42
	Seznam příloh	44



ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá diferenciálním kladkostrojem, který se svojí konstrukcí liší od klasických kladkostrojů. Jeho největší předností je samosvornost, která dává kladkostroji možnost zastavit během zdvihání břemene, které pak nezačne klesat. Tato vlastnost je důležitá pro bezpečnost práce. Samosvornost je podmíněna správnou konstrukcí a dodržáním podmínek při návrhu. Na začátku mé práce je obecně definován kladkostroj. Dále práce pokračuje konstrukcí diferenciálního kladkostroje, jednotlivých částí a nakonec návrhem nosné konstrukce.



1 CÍLE PRÁCE

Navrhnout samosvorný diferenciální kladkostroj s posouzením mezí a bezpečnosti samosvornosti.

Navrhnout nosnou konstrukci.

Provést důležité pevnostní výpočty při zohlednění ruční obsluhy.

Vypracovat technickou zprávu.

Nakreslit sestavný výkres zařízení včetně důležitých detailů.

2 DEFINICE KLADKOSTROJE

Kladkostroj je mechanické zařízení, které pomocí dvou nebo i více kladek, umožňuje zvedat těžká břemena pomocí elektrické energie nebo ruční síly.

2.1 ROZDĚLENÍ KLADKOSTROJŮ

Podle konstrukce:

- a) Násobné (potenciální)
- b) Diferenciální (Westonův)
- c) Šroubové

Podle hnacího prvku:

- a) Lanové
- b) Řetězové

Podle ovládání:

- a) Ruční
- b) Elektrické



3 DIFERENCIÁLNÍ KLADKOSTROJ

Zvedací zařízení používané pro zvedání těžkých břemen. Kladkostroj používá uzavřený článkový řetěz, který je zároveň řetězem nosným, tak i poháněcím. V horní zavěšené kladnici je řetězová dvojité kladka s různými průměry. V jeho spodní kladnici je pouze jedna kladka, která nemá ozubení. Může být ovládán jak lidskou silou, tak elektrickým pohonem. [1]



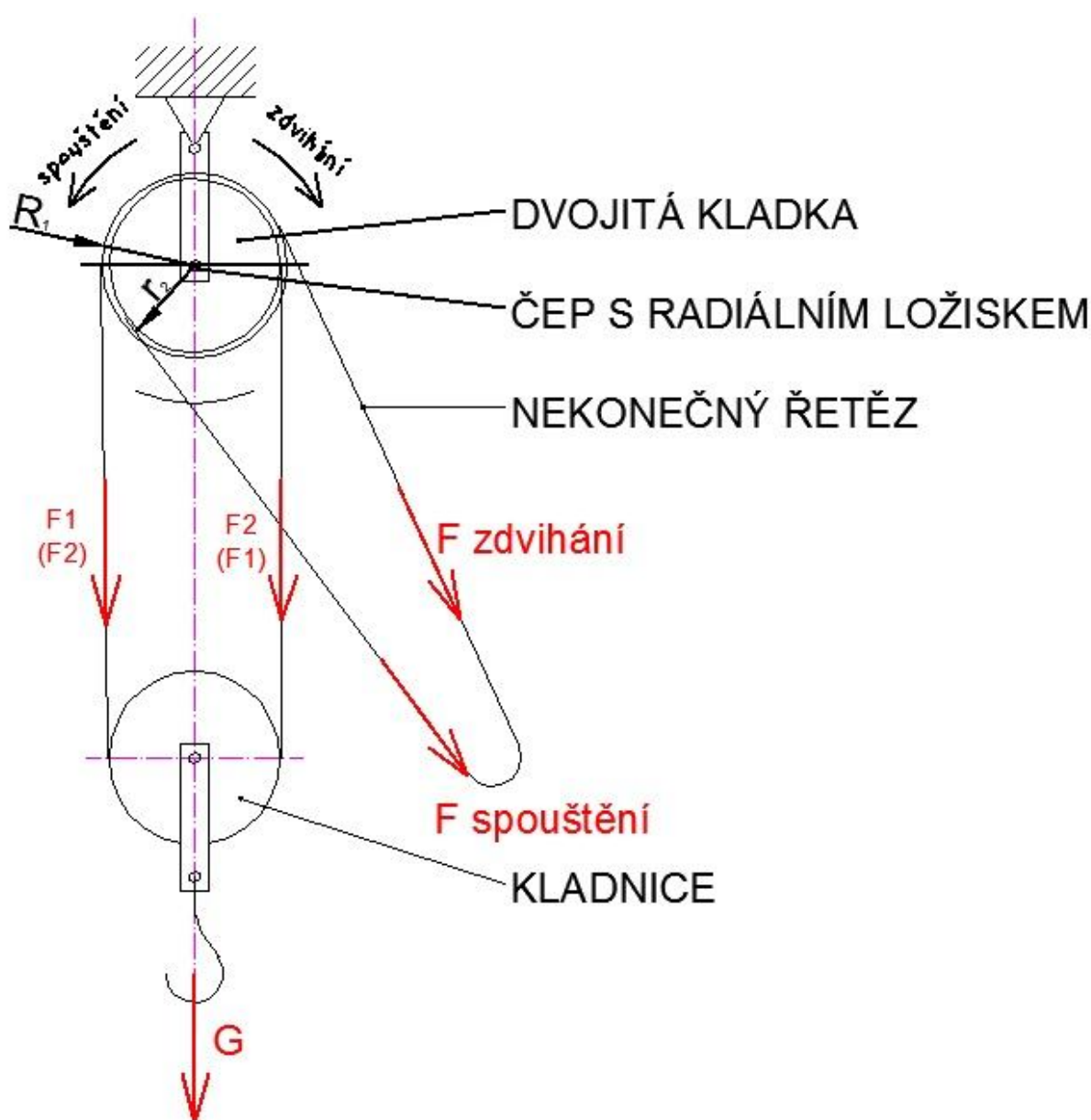
Obr. 3.1: Diferenciální kladkostroj.

3.1 PRINCIP DIFERENCIÁLNÍHO KLADKOSTROJE

Dvojitá kladka, která se otáčí jako jeden celek je složena z větší kladky o poloměru R_1 s počtem zubů z_1 a menší kladky o poloměru r_2 a počtem zubů z_2 .

Zatáhneme-li ve směru síly F o dráhu $s = 2\pi R_1$, dvojkladka se pootočí o 360° a oblouk lana, na kterém visí kladnice se zkrátí o $2\pi R_1 - 2\pi r_2$.

Protože jsou nosné průřezy lana dva, břemeno G se zvedne o $\frac{1}{2}(2\pi R_1 - 2\pi r_2)$. [2]



Obr. 3.2: Schéma kladkostroje s popisem.



4 KONSTRUKCE VLASTNÍHO KLADKOSTROJE

4.1 VOLBA ŘETĚZU

ŘETĚZ 6×18 – ČSN EN 818 – 2

Jedná se o řetěz pro účely zdvihání jakosti 80. Řetěz je dlouhý 30,4 m a je provedený jako nekonečná smyčka. Řetěz plní úlohu nosnou, tak i ovládací. Výrobce řetězu je firma Řetězárna a.s.

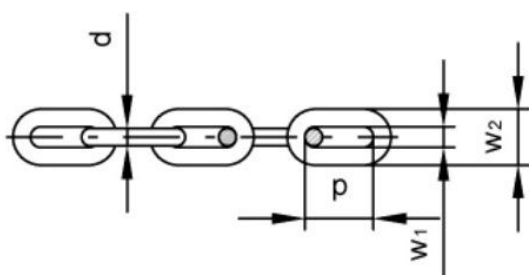
Parametry řetězu: tloušťka článku řetězu $d_t = 6$ mm

rozteč řetězu $p = 18$ mm

šířka řetězu $b = 22,2$ mm

horní úchylka rozteče řetězu $\Delta p = 0,5$ mm

hmotnost řetězu na jeden metr $m_{f1} = 0,8$ kg



Obr. 4.1: Schéma řetězu [6]

Řetězy pro účely zdvihání ČSN EN 818-2, jakost 80							
tloušťka d	rozteč p	šířka		hmotnost kg/m	nosnost kg	zatížení	
		vnitřní w1 min	vnější w2 max			zkušební kN	trhací kN
mm	mm	mm	mm	kg/m	kg	kN	kN
6	18	7,8	22,2	0,8	1 120	28,3	45,2

Obr. 4.2: Tabulka hodnot k řetězu [6]

4.2 ŘETĚZOVÁ KOLA



Obr. 4.3: Dvojité kolo.



Obr. 4.4: Kladnice.



4.2.1 DVOJITÉ KOLO

Řetězové dvojkolo pro svařované řetězy bylo spočítáno dle ČSN 01 4805 z hodnot zvoleného řetězu a počtu zubů. Počet zubů jednotlivých kol byl volen s ohledem na dodržení samosvornosti. Řetězové dvojitě kolo je vyrobeno odléváním ze šedé litiny.

Materiál dvojitě kola: 0.6020 (ČSN 42 2420)

Počet zubů: větší kolo $z_A = 20$

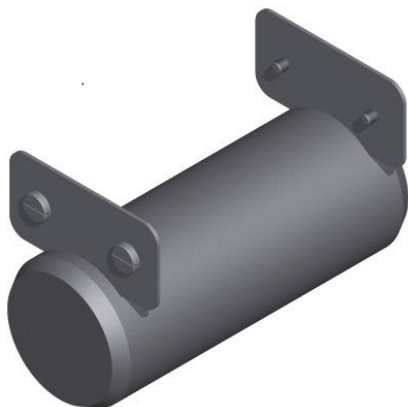
menší kolo $z_B = 19$

4.2.2 KLDNICE

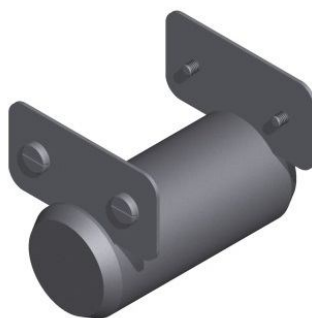
Řetězové kolo kladnice je bez zubů a rovněž je vyrobeno odléváním ze šedé litiny.

Materiál kola: 0.6020 (ČSN 42 2420)

4.3 ČEPY



Obr. 4.5: Čep dvojkola.



Obr. 4.6: Čep kladnice.



Obr. 4.7: Čep háku.

4.3.1 ČEP ŘETĚZOVÉHO DVOJKOLA

ČEP 40×100 A ISO 2340

Čep spojuje horní díl kladkostroje s dvojitým kolem. Je vybaven dvěma drážkami a dvěma destičkami se čtyřmi šrouby M3×4 ČSN EN ISO 1207 pro aretaci čepu proti pootočení i vysunutí.

Materiál: 10S20 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0721 dle ČSN EN 10 027-2 (automatová ocel)

Parametry čepu: průměr $d_{\text{čl}} = 40 \text{ mm}$

délka 100 mm



4.3.2 ČEP Kladnice

ČEP 30×65 A ISO 2340

Čep spojuje spodní díl kladkostroje s kladnicí. Rovněž je vybaven dvěma drážkami, dvěma destičkami a čtyřmi šrouby M3×4 ČSN EN ISO 1207 pro aretaci čepu proti pootočení i vysunutí.

Materiál: 10S20 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0721 dle ČSN EN 10 027-2 (automatová ocel)

Parametry čepu: průměr $d_{\text{č2}} = 30 \text{ mm}$

délka 65 mm

4.3.3 ČEP HÁKU

ČEP 20×40 A ISO 2341

Čep slouží k upevnění háku na spodním dílu kladkostroje. Je vybaven drážkou pro pojistný kroužek a pojistným kroužkem 20 ČSN 02 2930 pro axiální zajištění čepu.

Materiál: 10S20 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0721 dle ČSN EN 10 027-2 (automatová ocel)

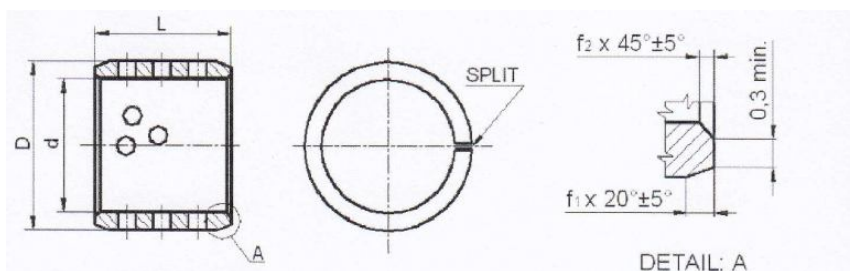
Parametry čepu: průměr $d_{\text{č2}} = 20 \text{ mm}$

délka 40 mm

4.4 LOŽISKA

Celobronzová zakružovaná pouzdra s otvory.

Materiál: CuSn8



Obr. 4.8: Schéma pouzdra.[7]



Obr. 4.9: Pouzdro.[7]

4.4.1 LOŽISKO ŘETĚZOVÉHO DVOJKOLA

B92 – 4060

Ložisko zajišťuje rotaci dvojkola na čepu, který je pevně uložen v horním dílu kladkostroje.

Parametry ložiska: vnitřní průměr 40 mm

vnější průměr: 44 mm

délka: 60 mm



4.4.2 LOŽISKO Kladnice

B92 – 3030

Ložisko zajišťuje rotaci kladnice na čepu, který je pevně uložen ve spodním dílu kladkostroje.

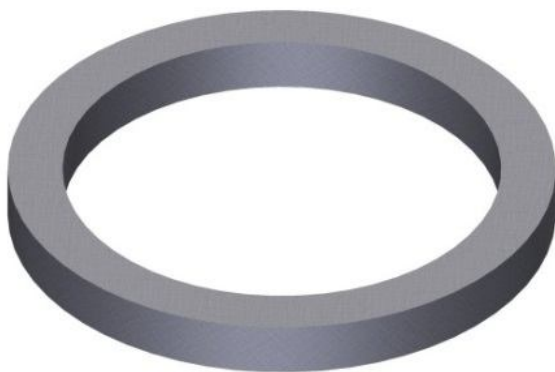
Parametry ložiska: vnitřní průměr 30 mm

vnější průměr: 34 mm

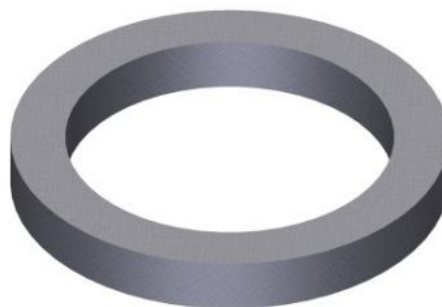
délka: 30 mm

4.5 DISTANČNÍ KROUŽKY

Úkolem distančních kroužků je vymezení vůlí a ustředění kladek v rámu kladkostroje. Větší kroužek je do horního dílu a menší do spodního dílu kladkostroje. Distanční kroužky jsou zhotoveny laserovým vypalováním do plechu ČSN 42 5310 o tloušťce 5 mm.



Obr. 4.10: Větší kroužek.



Obr. 4.11: Menší kroužek.

Materiál: S235JRD1 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0028 dle ČSN EN 10 027-2

Parametry většího kroužku: vnitřní průměr 40 mm

vnější průměr 50 mm

tloušťka 5 mm

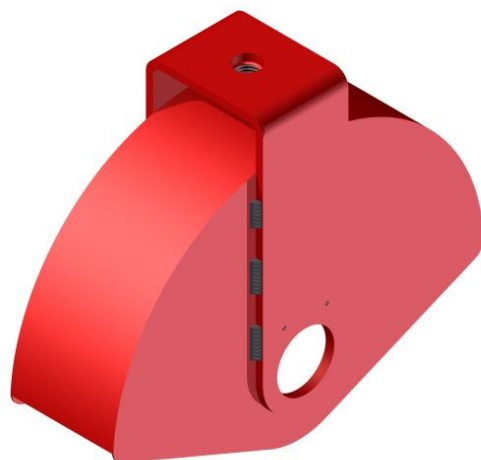
Parametry menšího kroužku: vnitřní průměr 30 mm

vnější průměr 40 mm

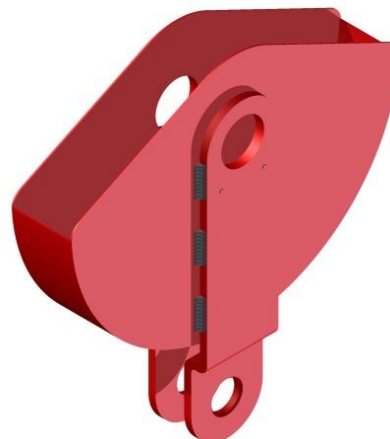
tloušťka 5 mm



4.6 RÁM KLADKOSTROJE



Obr. 4.12: Horní díl rámu.



Obr. 4.13: Spodní díl rámu.

4.6.1 HORNÍ DÍL RÁMU

Horní rám byl navržen jako svařenec skládající se z nosné části a krytování, jejímž účelem je zabránění vyskočení řetězu z dvojitého kola a ochrana před nečistotami. Dále byla k rámu přivařena matice M24×2 ČSN EN ISO 4034 pro upevnění závěsného šroubu s okem. Oko se zajistí proti povolení lepením. V rámu jsou čtyři díry se závity M3 pro aretaci čepu. Svařitelnost materiálu rámu je zaručena. Jednotlivé části svařence se vyrobí laserovým vypalováním a následným ohýbáním.

Materiál: S235JRD1 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0028 dle ČSN EN 10 027-2

Nosná část: Plech ČSN 42 5310 o tloušťce 5mm

Krytování: Plech ČSN 42 5301 o tloušťce 1mm

4.6.2 SPODNÍ DÍL RÁMU

Spodní rám byl navržen stejně jako horní díl kladkostroje. Skládá se z nosné části a krytování. V nosné části je díra pro čep na hák s okem. V rámu jsou rovněž čtyři díry se závity M3 pro aretaci čepu kladnice. Spodní díl je ze stejného materiálu jako horní díl a shodná je i technologie výroby.

Materiál: S235JRD1 dle ČSN EN 10 027-1, 1.0028 dle ČSN EN 10 027-2

Nosná část: Plech ČSN 42 5310 o tloušťce 5mm

Krytování: Plech ČSN 42 5301 o tloušťce 1mm



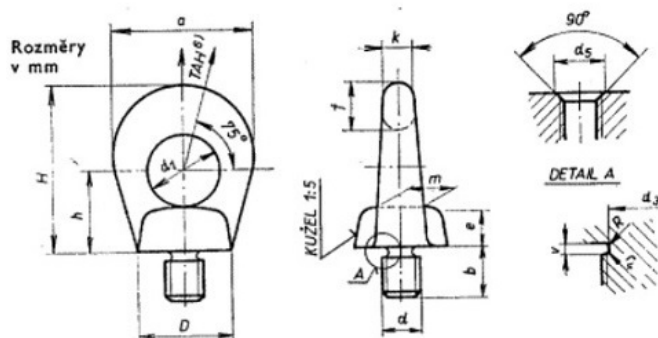
4.7 DALŠÍ PRVKY KLADKOSTROJE

4.7.1 ZÁVĚSNÝ ŠROUB S OKEM

ŠROUB M24 ČSN 02 1369

Závěsný šroub s okem je umístěn v horním dílu kladkostroje. Slouží k zavěšení celého kladkostroje na nosné konstrukci. Šroub je zajištěn lepením proti povolení.

Maximální zatížení závěsného šroubu: 900 kg



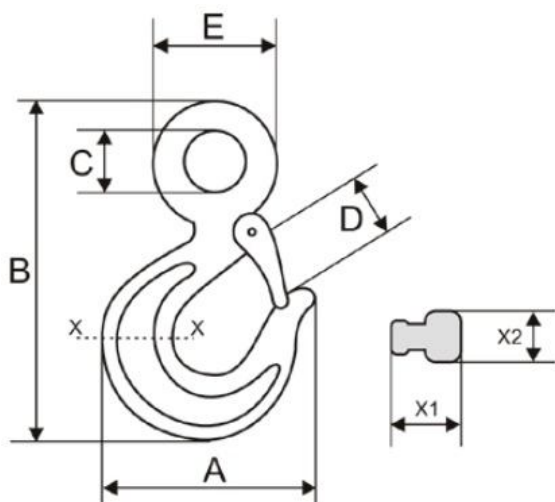
Obr. 4.14: Schéma šroubu s okem. [8]

4.7.2 OTOČNÝ HÁK

Pro kladkostroj byl zvolen kovaný hák s okem a pojistkou proti vyháknutí břemene. Háček je umístěn ve spodním dílu kladkostroje a slouží k zavěšování břemen.

Označení háku: 1,0

Maximální zatížení háku: 1000 kg



Obr. 4.15: Schéma otočného háku. [6]

Hák s okem a pojistkou T5							
Označení	Označení pojistky	Rozměry v mm					Nosnost kg
		A	B	C	D	E	
0,8	#05	75	110	19	27	38	0,28
1,0	#15	81	126	23	28	46	0,39

Obr. 4.16: Tabulka hodnot pro otočný hák. [6]



5 NOSNÁ KONSTRUKCE

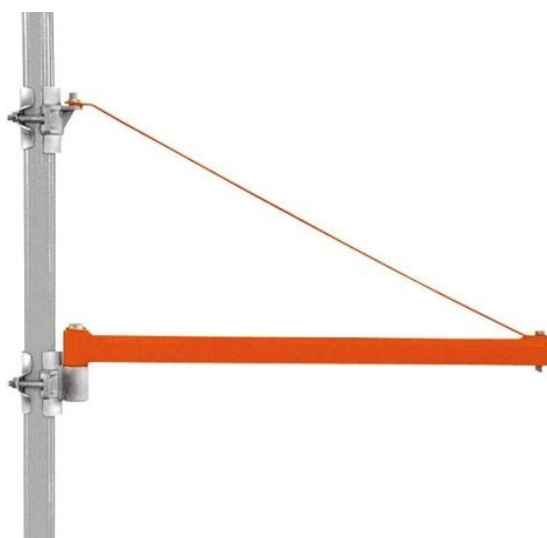
5.1 OTOČNÉ STĚNOVÉ RAMENO

Zvolil jsem jednoduché otočné rameno s uchycením na trubku od firmy Unicraft. Rameno s kladkostrojem se například může používat na stavbách, protože lze jednoduše upnout na lešení nebo jakoukoli jinou trubku. Lze na něj upnout jakýkoliv ruční nebo elektrický kladkostroj.

Model: WSA 1000-750

Maximální zatížení ramene: 1000 kg

Délka ramene: 750 mm



Obr. 5.1: Otočné stěnové rameno. [9]

5.2 ÚCHYT

K upnutí kladkostroje na otočné stěnové rameno poslouží úchyt na trubku s karabinou.



Obr. 5.2: Úchyt na trubku.[10]



6 VÝPOČET KLADEK

6.1 VÝPOČET ŘETĚZOVÉHO DVOJITÉHO KOLA

Výpočet proveden dle ČSN 01 4805 [5]

Průměr roztečné kružnice D: pro větší kolo D_A

pro menší kolo D_B

$$D = \sqrt{\left(\frac{p}{\sin\left(\frac{90^\circ}{z}\right)}\right)^2 + \left(\frac{d_t}{\cos\left(\frac{90^\circ}{z}\right)}\right)^2} \text{ [mm]} \quad (6.1)$$

$$D_A = \sqrt{\left(\frac{18}{\sin\left(\frac{90^\circ}{20}\right)}\right)^2 + \left(\frac{6}{\cos\left(\frac{90^\circ}{20}\right)}\right)^2}$$

$$D_A = 229,5 \text{ mm}$$

$$D_B = \sqrt{\left(\frac{18}{\sin\left(\frac{90^\circ}{19}\right)}\right)^2 + \left(\frac{6}{\cos\left(\frac{90^\circ}{19}\right)}\right)^2}$$

$$D_B = 218,1 \text{ mm}$$

Průměr hlavové kružnice D_1 : pro větší kolo D_{1A}

pro menší kolo D_{1B}

$$D_1 = D + 1,5 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.2)$$

$$D_{1A} = 229,5 + 1,5 \cdot 6$$

$$D_{1A} = 238,5 \text{ mm}$$

$$D_{1B} = 218,1 + 1,5 \cdot 6$$

$$D_{1B} = 227,1 \text{ mm}$$

Vzdálenost lůžka od středu kola k: pro větší kolo k_A

pro menší kolo k_B

$$k = 0,5 \cdot \left(p \cdot \cot \frac{90^\circ}{z} - d_t \cdot \tan \frac{90^\circ}{z}\right) - 0,5 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.3)$$



$$k_A = 0,5 \cdot \left(18 \cdot \cot \frac{90^\circ}{20} - 6 \cdot \tan \frac{90^\circ}{20} \right) - 0,5 \cdot 6$$

$$k_A = 111,1 \text{ mm}$$

$$k_B = 0,5 \cdot \left(18 \cdot \cot \frac{90^\circ}{19} - 6 \cdot \tan \frac{90^\circ}{19} \right) - 0,5 \cdot 6$$

$$k_B = 105,4 \text{ mm}$$

Dolní průměr drážky D_2 : pro větší kolo D_{2A}

pro menší kolo D_{2B}

$$D_2 = (2 \cdot k) - b \text{ [mm]} \quad (6.4)$$

$$D_{2A} = (2 \cdot 111,1) - 22,2$$

$$D_{2A} = 200 \text{ mm}$$

$$D_{2B} = (2 \cdot 105,4) - 22,2$$

$$D_{2B} = 188,6 \text{ mm}$$

Vzdálenost středů oblouků lůžka h : pro větší kolo h_A

pro menší kolo h_B

$$h = p + (2 \cdot d_t) - b \text{ [mm]} \quad (6.5)$$

$$h_A = 18 + (2 \cdot 6) - 22,2$$

$$h_A = 7,8 \text{ mm}$$

$$h_B = 18 + (2 \cdot 6) - 22,2$$

$$h_B = 7,8 \text{ mm}$$

Vůle v lůžku v : pro větší kolo v_A

pro menší kolo v_B

$$v = 3 \cdot \Delta p \text{ [mm]} \quad (6.6)$$

$$v_A = 3 \cdot 0,5$$

$$v_A = 1,5 \text{ mm}$$

$$v_B = 3 \cdot 0,5$$

$$v_B = 1,5 \text{ mm}$$



Šířka drážky c : pro větší kolo c_A

pro menší kolo c_B

$$c = 1,25 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.7)$$

$$c_A = 1,25 \cdot 6$$

$$c_A = 7,5 \text{ mm}$$

$$c_B = 1,25 \cdot 6$$

$$c_B = 7,5 \text{ mm}$$

Šířka věnce s : pro větší kolo s_A

pro menší kolo s_B

$$s = b + (1,2 \text{ až } 2) \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.8)$$

$$s_A = 22,2 + (1,2 \text{ až } 2) \cdot 6$$

$$s_A = 29,4 \text{ až } 34,2 \text{ mm}$$

$$s_A = 30 \text{ mm}$$

$$s_B = 22,2 + (1,2 \text{ až } 2) \cdot 6$$

$$s_B = 29,4 \text{ až } 34,2 \text{ mm}$$

$$s_B = 30 \text{ mm}$$

Poloměr oblouků lůžka R_1 : pro větší kolo R_{1A}

pro menší kolo R_{1B}

$$R_1 = 0,5 \cdot (b - d_t) + v \text{ [mm]} \quad (6.9)$$

$$R_{1A} = 0,5 \cdot (22,2 - 6) + 1,5$$

$$R_{1A} = 9,6 \text{ mm}$$

$$R_{1B} = 0,5 \cdot (22,2 - 6) + 1,5$$

$$R_{1B} = 9,6 \text{ mm}$$

Patní poloměr zubu R_2 : pro větší kolo R_{2A}

pro menší kolo R_{2B}

$$R_2 = 0,5 \cdot d_t \text{ [mm]} \quad (6.10)$$



$$R_{2A} = 0,5 \cdot 6$$

$$R_{2A} = 3mm$$

$$R_{2B} = 0,5 \cdot 6$$

$$R_{2B} = 3mm$$

Hlavový poloměr zubu R_3 : pro větší kolo R_{3A}

pro menší kolo R_{3B}

$$R_3 = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot z} - (1,5 \cdot d_t + 2 \cdot v) [mm] \quad (6.11)$$

$$R_{3A} = \frac{\pi \cdot 229,5}{2 \cdot 20} - (1,5 \cdot 6 + 2 \cdot 1,5)$$

$$R_{3A} = 6 mm$$

$$R_{3B} = \frac{\pi \cdot 218,1}{2 \cdot 19} - (1,5 \cdot 6 + 2 \cdot 1,5)$$

$$R_{3B} = 6 mm$$

6.2 VÝPOČET ŘETĚZOVÉHO KOLA Kladnice

Roztečný průměr kladnice zvolen D_{KL}

$$D_{KL} = 200 mm$$

Průměr hlavové kružnice kladnice D_{1KL}

$$D_1 = D + 1,5 \cdot d_t [mm] \quad (6.2)$$

$$D_{1KL} = 200 + 1,5 \cdot 6$$

$$D_{1KL} = 209 mm$$

Vzdálenost lůžka od středu kola k_{KL}

$$k_{KL} = \frac{D_{kl} - d_t}{2} [mm] \quad (6.3)$$

$$k_{KL} = \frac{200 - 6}{2}$$

$$k_{KL} = 97mm$$



Dolní průměr drážky kladnice D_{2KL}

$$D_2 = (2 \cdot k) - b[mm] \quad (6.4)$$

$$D_{2KL} = (2 \cdot 97) - 22,2$$

$$D_{2KL} = 171,8mm$$

Vůle v lůžku kladnice v_{KL}

$$v = 3 \cdot \Delta p[mm] \quad (6.5)$$

$$v_{KL} = 3 \cdot 0,5$$

$$v_{KL} = 1,5mm$$

Šířka drážky c_{KL}

$$c_{KL} = 1,25 \cdot d_t[mm] \quad (6.6)$$

$$c_{KL} = 1,25 \cdot 6$$

$$c_{KL} = 7,5mm$$

Šířka věnce s_{KL}

$$s = b + (1,2 \text{ až } 2) \cdot d_t[mm] \quad (6.7)$$

$$s_{KL} = 22,2 + (1,2 \text{ až } 2) \cdot 6$$

$$s_{KL} = 29,4 \text{ až } 34,2 \text{ mm}$$

$$s_{KL} = 30 \text{ mm}$$



7 ŘETĚZ

7.1 DÉLKA ŘETĚZU

Výška zdvihu

$$h_1 = 7000 \text{ mm}$$

Délka řetězu $l_{\check{r}}$

$$l_{\check{r}} = (4 \cdot h_1) + \left[\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \left(2 \cdot \pi \frac{D_A}{2} \right) \right] [m] \quad (7.1)$$

$$l_{\check{r}} = (4 \cdot 7) + \left[\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \left(2 \cdot \pi \frac{229,5}{2} \right) \right]$$

$$l_{\check{r}} = 30,4 \text{ m}$$

7.2 HMOTNOST ŘETĚZU

Hmotnost řetězu $m_{\check{r}}$

$$m_{\check{r}} = l_{\check{r}} \cdot m_{\check{r}1} [kg] \quad (7.2)$$

$$m_{\check{r}} = 30,4 \cdot 0,8$$

$$m_{\check{r}} = 24,3 \text{ kg}$$

7.3 ZATÍŽENÍ ŘETĚZU

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost řetězu

$$m_{\check{r}} = 24,3 \text{ kg}$$

Hmotnost spodního dílu kladkostroje

$$m_s = 6,9 \text{ kg}$$

Síla na řetěz $F_{\check{r}}$

$$F = m \cdot g [N] \quad (7.3)$$

$$F_{\check{r}} = g \cdot (m + m_{\check{r}} + m_s) [N]$$

$$F_{\check{r}} = 9,81 \cdot (300 + 24,3 + 6,9)$$

$$F_{\check{r}} = 3247,9 \text{ N}$$



8 POSOUZENÍ MEZÍ A BEZPEČNOSTI SAMOSVORNOSTI

Součinitel tření kluzného	$f = 0,1$
Součinitel čepového tření	$f_{\check{c}} = 0,08$
Průměr řetězu	$d_t = 6 \text{ mm}$
Poloměr čepu dvojité kladky	$r_{\check{c}1} = 20 \text{ mm}$
Poloměr čepu kladnice	$r_{kl} = 15 \text{ mm}$
Poloměr roztečné kružnice většího kola	$R_A = 115 \text{ mm}$
Poloměr roztečné kružnice menšího kola	$R_B = 109 \text{ mm}$
Poloměr roztečné kružnice kladnice	$R_{KL} = 100 \text{ mm}$

8.1 ÚČINNOST KLADEK

Účinnost dvojkola: pro větší kolo η_{1A}

pro menší kolo η_{1B}

$$\eta_{1A} = \frac{R}{R + f \cdot d_t + 2 \cdot f_{\check{c}} \cdot r} [-] \quad (8.1)$$

$$\eta_{1A} = \frac{115}{115 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 0,08 \cdot 20}$$

$$\eta_{1A} = 0,966$$

$$\eta_{1B} = \frac{109}{109 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 0,08 \cdot 20}$$

$$\eta_{1B} = 0,968$$

Účinnost dvojkładky η_1

Výpočet účinnosti dvojkładky je nepřesný z důvodu dvojího výskytu čepového tření na jedné kladce. Pro naše účely však dostačující.

$$\eta_1 = \eta_{1A} \cdot \eta_{1B} [-] \quad (8.2)$$

$$\eta_1 = 0,966 \cdot 0,968$$

$$\eta_1 = 0,935$$



Účinnost kladnice η_{kl}

$$\eta_{kl} = \frac{R}{R + f \cdot d_t + 2 \cdot f_{\xi} \cdot r} [-] \quad (8.1)$$

$$\eta_{kl} = \frac{100}{115 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 0,08 \cdot 15}$$

$$\eta_{kl} = 0,971$$

8.2 PODMÍNKA SAMOSVORNOSTI

$$\eta_1 \cdot \eta_{1kl} \leq \frac{z_B}{z_A} \quad (8.2)$$

$$0,935 \cdot 0,971 \leq \frac{19}{20}$$

$$0,908 \leq 0,95$$

Podmínka samosvornosti splněna, kladkostroj je samosvorný.

8.3 BEZPEČNOST SAMOSVORNOSTI

Bezpečnost samosvornosti k_s

$$k_s = \frac{\sqrt{\frac{z_B}{z_A}}}{\sqrt{\frac{11}{12}}} [-] \quad (8.3)$$

$$k_s = \frac{\sqrt{\frac{19}{20}}}{\sqrt{\frac{11}{12}}}$$

$$k_s = 1.018$$

Bezpečnost vyšla malá, ve výpočtu nejsou zahrnuty ztráty třením. Ve skutečnosti je bezpečnost vyšší.



8.4 OVLÁDACÍ SÍLY

Teoretická síla zvedání beze ztrát F_{ZT}

$$F_{ZT} = \frac{F_f}{2} \cdot \left(1 - \frac{R_B}{R_A}\right) [N] \quad (8.4)$$

$$F_{ZT} = \frac{3247,9}{2} \cdot \left(1 - \frac{109}{115}\right)$$

$$F_{ZT} = 81 \text{ N}$$

Skutečná síla zvedání F_Z

$$F_Z = \frac{F_f}{2} \cdot \frac{\eta_1}{1 + \eta_1} \cdot \left(\frac{\eta_1}{\eta_1^2} - \frac{R_B}{R_A}\right) [N] \quad (8.5)$$

$$F_Z = \frac{3247,9}{2} \cdot \frac{0,935}{1 + 0,935} \cdot \left(\frac{0,935}{0,935^2} - \frac{109}{114,8}\right)$$

$$F_Z = 93,4 \text{ N}$$

Spouštěcí síla F_S

$$F_S = \frac{F_f}{2} \cdot \frac{\eta_1}{1 + \eta_1} \cdot \left(\frac{\eta_1}{\eta_1^2} - \frac{R_B}{R_A}\right) [N] \quad (8.6)$$

$$F_S = \frac{3247,9}{2} \cdot \frac{0,935}{1 + 0,935} \cdot \left(\frac{0,935}{0,935^2} - \frac{114,8}{109}\right)$$

$$F_S = 71,1 \text{ N}$$

8.5 ÚČINNOST KLDKOSTROJE

$$\eta = \frac{F_{ZT}}{F_Z} (-) \quad [8.7]$$

$$\eta = \frac{81}{93,4}$$

$$\eta = 0.867$$



8.6 SILOVÁ ROVNOVÁHA

Síla v prvním navíjeném pramenu řetězu F_1

$$F_1 = \frac{F_{\check{r}}}{1 + \eta_1} [N] \quad (8.8)$$

$$F_1 = \frac{3247,9}{1 + 0,935}$$

$$F_1 = 1678,5 [N]$$

Síla v druhém odvíjeném pramenu řetězu F_2

$$F_2 = \frac{F_{\check{r}} \cdot \eta_1}{1 + \eta_1} [N] \quad (8.9)$$

$$F_2 = \frac{3247,9 \cdot 0,935}{1 + 0,935}$$

$$F_2 = 1569,4 \text{ N}$$

8.7 PŘEVODOVÝ POMĚR

Převodový poměr i_K

$$i_K = \frac{F_{\check{r}}}{F_{ZT}} = \frac{2 \cdot D_A}{D_A - D_B} [-] \quad (8.10)$$

$$i_K = \frac{3247,9}{81} = \frac{2 \cdot 229,5}{229,5 - 218,1}$$

$$i_K = 40,1$$



9 PEVNOSTNÍ KONTROLA ČEPŮ

Mez pevnosti

$$R_m = 375 \text{ MPa}$$

Mez kluzu

$$R_e = 216 \text{ MPa}$$

Bezpečnost vzhledem k ruční obsluze

$$k_n = 4$$

Míjivé zatížení

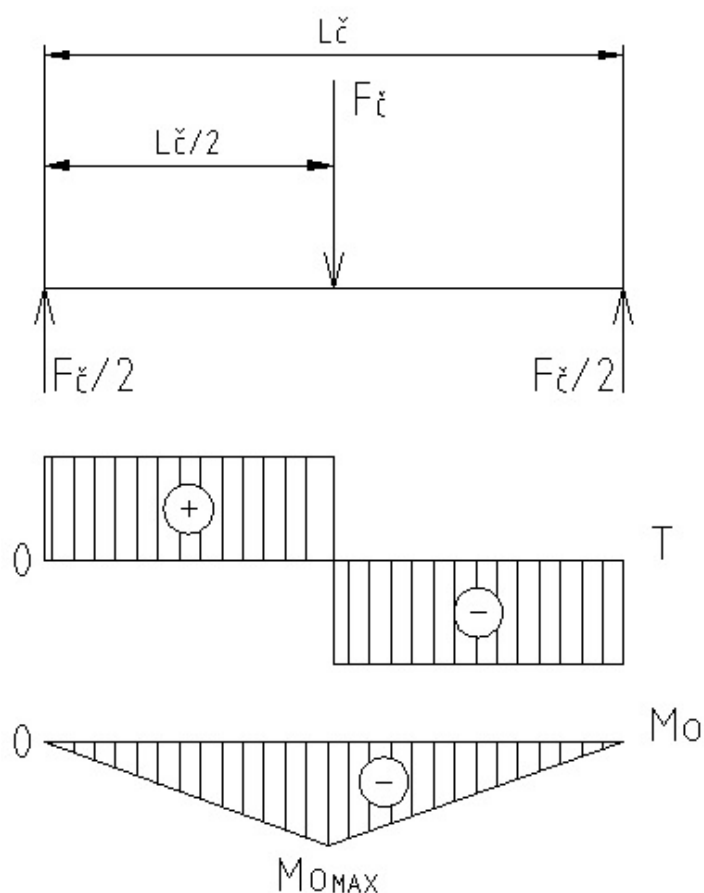
$$c_{II} = 0,8$$

Dovolené napětí v tlaku σ_{Dd}

$$\sigma_{Dd} = \frac{0,6 \cdot R_m}{k_n} \cdot c_{II} [\text{MPa}] \quad (9.1)$$

$$\sigma_{Dd} = \frac{0,6 \cdot 375}{4} \cdot 0,8$$

$$\sigma_{Dd} = 45 \text{ MPa}$$



Obr. 9.1: Průběh posouvajících sil a ohybového momentu u čepů



9.1 ČEP DVOJITÉHO KOLA

Průměr čepu

$$d_{\check{c}1} = 40 \text{ mm}$$

Výpočtová délka čepu

$$l_{\check{c}1} = 77 \text{ mm}$$

Síla na čep $F_{\check{c}1}$

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost řetězu

$$m_{\check{r}} = 24,3 \text{ kg}$$

Hmotnost spodního dílu kladkostroje

$$m_s = 6,9 \text{ kg}$$

Hmotnost dvojitého kola

$$m_d = 9,5 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot g \text{ [N]} \quad (7.3)$$

$$F_{\check{c}1} = g \cdot (m + m_{\check{r}} + m_s + m_d) \text{ [N]}$$

$$F_{\check{c}1} = 9,81 \cdot (300 + 24,3 + 6,9 + 9,5)$$

$$F_{\check{c}1} = 3341 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment $M_{O_{MAX1}}$

$$M_{O_{MAX}} = \frac{F_{\check{c}}}{2} \cdot \frac{l_{\check{c}}}{2} \text{ [Nm]} \quad (9.2)$$

$$M_{O_{MAX1}} = \frac{3341}{2} \cdot \frac{0,077}{2}$$

$$M_{O_{MAX1}} = 64,314 \text{ Nm}$$

Napětí v ohybu σ_{o1}

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot M_{O_{MAX}}}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} \text{ [MPa]} \quad (9.3)$$

$$\sigma_{o1} = \frac{32 \cdot 68,49}{\pi \cdot 0,04^3}$$

$$\sigma_{o1} = 10,236 \text{ MPa}$$



Bezpečnost k_{k1}

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_o} [-] \quad (8.3)$$

$$k_{k1} = \frac{216}{10,236}$$

$$k_{k1} = 21,1$$

Napětí v tlaku σ_{D1}

$$\sigma_D = \frac{F_{\check{c}}}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t} [MPa] \quad (9.4)$$

$$\sigma_{D1} = \frac{3341}{2 \cdot 0,04 \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{D1} = 8,352 \text{ MPa}$$

Kontrola podmínky na otláčení

$$\sigma_{D1} \leq \sigma_{Dd} \quad (9.5)$$

$$8,352 \text{ MPa} \leq 45 \text{ MPa}$$

Kontrola na otláčení vyhovuje.

9.2 ČEP KLADNICE

Průměr čepu

$$d_{\check{c}2} = 30 \text{ mm}$$

Výpočtová délka čepu

$$l_{\check{c}2} = 47 \text{ mm}$$

Síla na čep $F_{\check{c}2}$

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost spodního rámu

$$m_{r2} = 2,5 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot g [N] \quad (7.3)$$

$$F_{\check{c}2} = g \cdot (m_{r2} + m) [N]$$

$$F_{\check{c}2} = 9,81 \cdot (2,5 + 300)$$

$$F_{\check{c}2} = 3035 \text{ N}$$



Maximální ohybový moment $M_{O_{MAX2}}$

$$M_{O_{MAX}} = \frac{F_{\check{c}}}{2} \cdot \frac{l_{\check{c}}}{2} [Nm] \quad (9.2)$$

$$M_{O_{MAX2}} = \frac{3035}{2} \cdot \frac{0,047}{2}$$

$$M_{O_{MAX2}} = 35,663 \text{ Nm}$$

Napětí v ohybu σ_{O2}

$$\sigma_O = \frac{32 \cdot M_{O_{MAX}}}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} [MPa] \quad (9.3)$$

$$\sigma_{O2} = \frac{32 \cdot 35,663}{\pi \cdot 0,03^3}$$

$$\sigma_{O2} = 13,454 \text{ MPa}$$

Bezpečnost k_{k2}

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_O} [-] \quad (8.3)$$

$$k_{k2} = \frac{216}{13,454}$$

$$k_{k2} = 16,1$$

Napětí v tlaku σ_{D2}

$$\sigma_D = \frac{F_{\check{c}}}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t} [MPa] \quad (9.4)$$

$$\sigma_{D2} = \frac{3341}{2 \cdot 0,03 \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{D2} = 10,117 \text{ MPa}$$

Kontrola podmínky na otláčení

$$\sigma_{D2} \leq \sigma_{Dd} \quad (9.5)$$

$$10,117 \text{ MPa} \leq 45 \text{ MPa}$$

Kontrola na otláčení vyhovuje.



9.3 ČEP 3 HÁKU

Průměr čepu

$$d_{\check{c}3} = 20 \text{ mm}$$

Výpočtová délka čepu

$$l_{\check{c}3} = 25 \text{ mm}$$

Síla na čep 3 $F_{\check{c}3}$

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost háku

$$m_h = 0,69 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot g \text{ [N]} \quad (7.3)$$

$$F_{\check{c}3} = g \cdot (m_h + m) \text{ [N]}$$

$$F_{\check{c}3} = 9,81 \cdot (0,69 + 300)$$

$$F_{\check{c}3} = 2949 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment $M_{O\text{MAX}3}$

$$M_{O\text{MAX}} = \frac{F_{\check{c}}}{2} \cdot \frac{l_{\check{c}}}{2} \text{ [Nm]} \quad (9.2)$$

$$M_{O\text{MAX}3} = \frac{2949}{2} \cdot \frac{0,025}{2}$$

$$M_{O\text{MAX}3} = 18,43 \text{ Nm}$$

Napětí v ohybu σ_{o3}

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot M_{O\text{MAX}}}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} \text{ [MPa]} \quad (9.3)$$

$$\sigma_{o3} = \frac{32 \cdot 18,43}{\pi \cdot 0,02^3}$$

$$\sigma_{o3} = 23,465 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti k_{k3}

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_o} [-] \quad (8.3)$$

$$k_{k3} = \frac{216}{28,159}$$

$$k_{k3} = 9,2$$



Napětí v tlaku σ_{D3}

$$\sigma_D = \frac{F_{\check{c}}}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot t} [MPa] \quad (9.4)$$

$$\sigma_{D3} = \frac{2949}{2 \cdot 0,02 \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{D3} = 14,744 \text{ MPa}$$

Kontrola podmínky na otlačení

$$\sigma_{D3} \leq \sigma_{Dd} \quad (9.5)$$

$$14,744 \text{ MPa} \leq 45 \text{ MPa}$$

Kontrola na otlačení vyhovuje.



10 PEVNOSTNÍ KONTROLA RÁMU KLADKOSTROJE

Mez pevnosti

$$R_m = 320 \text{ MPa}$$

Mez kluzu

$$R_e = 180 \text{ MPa}$$

10.1 NOSNÁ ČÁST HORNÍHO DÍLU

Šířka nosné části horního dílu

$$w_{r1} = 60 \text{ mm}$$

Tloušťka rámu

$$t_{r1} = 5 \text{ mm}$$

Zatěžující síla v tahu F_{r1}

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 \text{ kg}$$

Hmotnost řetězu

$$m_{\text{ř}} = 24,3 \text{ kg}$$

Hmotnost spodního dílu kladkostroje

$$m_s = 6,9 \text{ kg}$$

Hmotnost dvojitého kola

$$m_d = 9,5 \text{ kg}$$

Hmotnost čepu 1

$$m_{\text{č1}} = 0,98 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot g \text{ [N]} \quad (7.3)$$

$$F_{r1} = g \cdot (m + m_{\text{ř}} + m_s + m_d + m_{\text{č1}}) \text{ [N]}$$

$$F_{r1} = 9,81 \cdot (300 + 24,3 + 6,9 + 9,5 + 0,98)$$

$$F_{r1} = 3351 \text{ N}$$

Nominální napětí v tahu σ_{NOM1}

$$\sigma_{\text{NOM}} = \frac{F_r}{2 \cdot (w_r - d_{\text{č}}) \cdot t_r} \text{ [MPa]} \quad (10.1)$$

$$\sigma_{\text{NOM1}} = \frac{3351}{2 \cdot (0,06 - 0,04) \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{\text{NOM1}} = 16,753 \text{ MPa}$$

Tvarový součinitel α_1 [3]

$$\frac{d_{\text{č1}}}{w_{r1}} = \frac{40}{60} = 0,667 \rightarrow \text{z grafu} \rightarrow \alpha_1 = 2,1 \quad (10.2)$$



Maximální napětí v tahu σ_{MAX1}

$$\sigma_{MAX} = \alpha \cdot \sigma_{NOM} [MPa] \quad (10.3)$$

$$\sigma_{MAX1} = 2,1 \cdot 16,753$$

$$\sigma_{MAX1} = 35,181 MPa$$

Bezpečnost k_{k4}

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_{MAX}} [-] \quad (8.3)$$

$$k_{k4} = \frac{180}{35,181}$$

$$k_{k4} = 5,1$$

10.2 NOSNÁ ČÁST SPODNÍHO DÍLU

Šířka nosné části horního dílu

$$w_{r2} = 60 mm$$

Tloušťka rámu

$$t_{r2} = 5 mm$$

Zatěžující síla v tahu F_{r2}

Nosnost kladkostroje

$$m = 300 kg$$

Hmotnost háku

$$m_h = 0,69 kg$$

Hmotnost čepu 3

$$m_{\check{c}3} = 0,123 kg$$

$$F = m \cdot g [N] \quad (7.3)$$

$$F_{r2} = g \cdot (m + m_h + m_{\check{c}3}) [N]$$

$$F_{r2} = 9,81 \cdot (300 + 0,69 + 0,123)$$

$$F_{r2} = 2950 N$$

Nominální napětí v tahu σ_{NOM2}

$$\sigma_{NOM} = \frac{F_r}{2 \cdot (w_r - d_{\check{c}}) \cdot t_r} [MPa] \quad (10.1)$$

$$\sigma_{NOM2} = \frac{2950}{2 \cdot (0,05 - 0,03) \cdot 0,005}$$

$$\sigma_{NOM1} = 14,75 MPa$$



Tvarový součinitel α_2 [3]

$$\frac{d_{\check{c}2}}{w_{r2}} = \frac{30}{50} = 0,6 \rightarrow z \text{ grafu} \rightarrow \alpha_1 = 2,12 \quad (10.2)$$

Maximální napětí v tahu σ_{MAX2}

$$\sigma_{MAX} = \alpha \cdot \sigma_{NOM} [MPa] \quad (10.3)$$

$$\sigma_{MAX2} = 2,12 \cdot 14,75$$

$$\sigma_{MAX2} = 31,27 \text{ MPa}$$

Bezpečnost k_{k5}

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_{MAX}} [-] \quad (10.4)$$

$$k_{k5} = \frac{180}{31,27} [-]$$

$$k_{k4} = 5,8$$



ZÁVĚR

Diferenciální kladkostroj byl navržen podle požadavků zadání. Na začátku byl zvolen řetěz, pomocí jehož parametrů a počtů zubů, dle podmínky samosvornosti, bylo vypočítáno dvojité kolo a kladnice. Poté byly navrženy čepy a kluzná pouzdra pro kola tak, aby byla splněna podmínka samosvornosti a běžné ovládací síly. Následovalo navržení nosných rámu kladkostroje podle potřeby zatížení. Pak bylo vybráno závěsné oko pro uchycení kladkostroje a hák pro zavěšení břemene. Jako nosnou konstrukci jsem vybral otočné stěnové rameno z důvodu jednoduché konstrukce a nízké ceny. Nakonec byl vytvořen výkres sestavení celého zařízení včetně důležitých detailů.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] REMPTA, KUPKA, DRAŽAN a A KOL. *Jeřáby*. Druhé. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1974.
- [2] MALÁŠEK, J. DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ. Skripta „Elektronické vydání Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010
- [3] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. První vydání. Brno: VUTIAM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0
- [4] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *STROJNICKÉ TABULKY: Čtvrté doplněné vydání*. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] Norma ČSN ISO 01 4805: 1969. Řetězová kola pro svařované řetězy – kalibrované krátkočláňkové a dlouhočláňkové – Výpočet a konstrukce profilu zubů. Praha: Český normalizační institut, 1971. 9s

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE Z INTERNETU

- [6] Řetězárna a.s. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.retezarna.cz/>.
- [7] Ložiska Jihlava. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.loziskajihlava.com/>
- [8] Československá státní norma. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/02/00242/00242_nahled.htm
- [9] Unicraft. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.unicraft.de/>
- [10] Visimpex. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.wintech.cz/>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

b	[mm]	Šířka článku řetězu
c	[mm]	šířka drážky dle indexu
c_{II}	[-]	míjivé zatížení
D	[mm]	průměr roztečné kružnice dle indexu
D_1	[mm]	průměr hlavové kružnice dle indexu
D_2	[mm]	dolní průměr drážky dle indexu
$d_{\check{c}}$	[mm]	průměr čepu dle indexu
d_t	[mm]	tloušťka článku řetězu
f	[-]	součinitel tření za pohybu
F_1	[N]	síla v prvním navíjeném pramenu řetězu
F_2	[N]	síla v druhém odvíjeném pramenu řetězu
$f_{\check{c}}$	[-]	součinitel čepového tření
$F_{\check{c}}$	[N]	síla na čep dle indexu
F_r	[N]	síla na rám dle indexu
$F_{\check{r}}$	[N]	síla na řetěz
F_S	[N]	spouštěcí síla břemene
F_Z	[N]	skutečná síla zvedání
F_{ZT}	[N]	teoretická síla zvedání bez ztrát
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
h	[mm]	vzdálenost středů oblouků lůžka dle indexu
h_1	[mm]	výška zdvihu kladkostroje
i_k	[-]	převodový poměr
k	[mm]	vzdálenost lůžka od středu kola dle indexu
k_k	[-]	výsledná bezpečnost dle indexu
k_n	[-]	návrhový koeficient bezpečnosti
k_s	[-]	bezpečnost samosvornosti
$l_{\check{c}}$	[mm]	výpočtová délka čepu
$l_{\check{r}}$	[mm]	délka řetězu
m	[kg]	nosnost kladkostroje
$m_{\check{c}}$	[kg]	hmotnost čepu
m_d	[kg]	hmotnost dvojitého kola
m_h	[kg]	hmotnost háku



M_{omax}	[Nm]	maximální ohybový moment dle indexu
m_f	[kg]	hmotnost řetězu
m_{f1}	[kg]	hmotnost řetězu na jeden metr
m_s	[kg]	hmotnost spodního dílu kladkostroje
p	[mm]	rozteč řetězu
R	[mm]	poloměr roztečné kružnice
R_1	[mm]	poloměr oblouků lůžka dle indexu
R_2	[mm]	patní poloměr zubů dle indexu
R_3	[mm]	hlavový poloměr zubů dle indexu
r_c	[mm]	poloměr čepu dle indexu
R_e	[MPa]	mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti
s	[mm]	šířka věnce dle indexu
t_r	[mm]	tloušťka nosné části rámu
v	[mm]	vůle lůžka dle indexu
w_r	[mm]	šířka nosné části rámu dle indexu
z	[-]	počet zubů řetězového kola dle indexu
α	[-]	tvarový součinitel
Δp	[mm]	horní úchylka rozteče řetězu
η	[-]	účinnost kladkostroje
η_1	[-]	účinnost kladky při zvedání dle indexu
σ_D	[MPa]	napětí v tlaku dle indexu
σ_{Dd}	[MPa]	dovolené napětí v tlaku
σ_{MAX}	[MPa]	Maximální napětí v tahu dle indexu
σ_{NOM}	[MPa]	nominální napětí v tahu dle indexu
σ_o	[MPa]	napětí v ohybu dle indexu



SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

Sestava diferenciálního kladkostroje	0-DK01
Sestava svarků horního dílu rámu	1-DK02
Výrobní výkres ozubeného dvojitého kola	2-DK01